



# **MODEL INTRUSI AIR LAUT TERHADAP AIR TANAH PADA AKUIFER TERTEKAN DI KOTA SEMARANG**

**Diajukan Dalam Ujian Terbuka (Promosi)**

**EDY SUHARTONO**

**NIM : L5K009004**

**PROGRAM DOKTOR ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCA SARJANA UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2015**



## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **MODEL INTRUSI AIR LAUT TERHADAP AIR TANAH PADA AKUIFER TERTEKAN DI KOTA SEMARANG**

**Edy Suhartono**

**NIM : L5K009004**

Telah diuji pada Ujian Pra Promosi dan dinyatakan lulus Ujian Pra Promosi pada tanggal 9 Februari 2015, oleh Tim Penguji Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.

Telah disetujui oleh :

Promotor :

Co- Promotor :

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA  
NIP.196112281986031004

Prof. Dr. Ir. Suripin, M.Eng  
NIP. 196004271987031001

Tanggal : .....

Tanggal .....

Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan  
Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang,  
Ketua,

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA  
NIP.196112281986031004



# **MODEL INTRUSI AIR LAUT TERHADAP AIR TANAH PADA AKUIFER TERTEKAN DI KOTA SEMARANG**

**Edy Suhartono**

**NIM : L5K009004**

## **TIM PENGUJI :**

**Prof.Dr.dr. ANIES, M.kes,PKK**  
(Penanggungjawab/Ketua Sidang Ujian)

**Prof.Dr.Ir. PURWANTO, DEA**  
(Sekretaris Sidang Ujian/Promotor)

**Prof.Dr.Ir.SURIPIN,M.Eng**  
(Co-Promotor)

**Prof.Dr.Ir.IMAM WAHYUDI, DEA**  
(Penguji Eksternal)

**Dr.Ir.SUHARYANTO,M.Sc**  
(Penguji)

**Dr. SUNARSIH,M.Si**  
(Penguji)

**Dr. HENNA RYA SUNOKO, Apt,MES**  
(Penguji)



## **PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI**

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Edy Suhartono  
NIM : L5K009004  
Alamat : Jl. KH. Dewantoro No.7, Pekalongan  
Alamat Kantor : Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang.

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Disertasi ini asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Diponegoro maupun di Universitas lain.
2. Disertasi ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri.
3. Setiap ide atau kutipan dari karya orang lain berupa publikasi atau bentuk lainnya dalam disertasi ini telah ditulis sumbernya, sesuai dengan standar dan prosedur disiplin ilmu.
4. Disertasi ini disusun berkat bimbingan dari Promotor saya yakni : Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA. dan Co-Promotor Prof. Dr. Ir. Suripin, M.Eng.

Demikian, pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa disertasi ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Mengetahui,  
pernyataan,  
Promotor,

Semarang, Februari 2015  
Yang membuat

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA  
NIP.196112281986031004

Edy Suhartono  
NIM.L5K009004





## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Disertasi yang berjudul “MODEL INTRUSI AIR LAUT TERHADAP AIR TANAH PADA AKUIFER TERTEKAN DI KOTA SEMARANG”, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh derajat gelar Doktor Ilmu Lingkungan. Penyusunan naskah disertasi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan dalam menempuh pendidikan pada Program Doktor Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.

Pada kesempatan ini, ijin kami menghaturkan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

- Prof. Sudharto P. Hadi, MES, Ph.D selaku Rektor UNDIP yang telah memberikan kesempatan, bantuan, fasilitas dan dorongan semangat kepada kami untuk mengikuti pendidikan Program Doktor di Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana UNDIP.
- Prof. Dr. dr. Anies, M. Kes., PKK, selaku Direktur Program Pascasarjana UNDIP yang telah memberikan dorongan semangat kepada kami dan kesediaannya sebagai Penguji dan Narasumber yang telah banyak memberikan masukan, ilmu dan saran-saran dalam penyusunan dan penyelesaian disertasi ini.
- Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA, selaku Ketua Program dan Dosen pada Program Doktor di Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana UNDIP, sekaligus sebagai Promotor kami, yang dengan penuh kesabaran telah membimbing dan memberikan

saran, ilmu, fasilitas, motivasi serta dorongan semangat kepada kami dalam penyusunan dan penyelesaian disertasi ini.

- Prof. Dr. Ir. Suripin, M.Eng, selaku Dosen pada Program Doktor di Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana UNDIP dan Program Doktor Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNDIP, sekaligus sebagai Co – Promotor kami, yang dengan penuh kesabaran membimbing dan memberikan saran, ilmu, fasilitas, motivasi serta dorongan semangat kepada kami dalam penyusunan dan penyelesaian disertasi ini.
- Prof.Dr.Ir.Imam Wahyudi, DEA, selaku Dosen di Fakultas Teknik dan Guru Besar di Unissula Semarang, atas kesediaannya menjadi Penguji Eksternal dan Narasumber yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan saran yang sangat berguna bagi kami dalam penyusunan dan penyelesaian disertasi ini.
- Dr. Ir. Suharyanto, M.Sc, selaku Dosen pada Program Doktor Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNDIP, atas kesediaannya menjadi Penguji Internal dan Narasumber yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan saran yang sangat berguna bagi kami dalam penyusunan dan penyelesaian disertasi ini.
- Dr. Sunarsih, M.Si, selaku Dosen pada Fakultas Sains dan Matematika UNDIP, atas kesediaannya menjadi Penguji Internal dan Narasumber yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan saran yang sangat berguna bagi kami dalam penyusunan dan penyelesaian disertasi ini.
- Dr. Henna Rya Sunoko, Apt, MES, selaku Sekretaris Program Doktor Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana UNDIP, yang sekaligus menjadi Penguji Internal dan Narasumber yang telah memberikan banyak saran, masukan, motivasi serta dorongan semangat kepada kami dalam penyusunan dan penyelesaian disertasi ini.

- Bapak/Ibu Dosen pengampu mata kuliah pada pendidikan Program Doktor di Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana UNDIP yang telah memberikan ilmu kepada kami, sehingga sangat bermanfaat dalam penyusunan dan penyelesaian disertasi ini.
- Bapak/Ibu Pimpinan dan Staf di lingkungan Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah, Bapak/Ibu Pimpinan dan Staf di lingkungan Bappeda Kota Semarang, Bapak/Ibu Pimpinan dan Staf di lingkungan LIPI Bidang Geologi di Bandung, dan Bapak/Ibu Pimpinan dan Staf di lingkungan Direktorat Geologi dan Teknik Lingkungan Kementerian ESDM di Bandung, yang telah membantu kegiatan penelitian disertasi ini.
- Bapak/Ibu Pimpinan dan Staf di lingkungan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Kemendikbud RI, yang telah membantu membiayai pendidikan kami melalui Program BPPS dan membiayai penelitian kami melalui Program Hibah Doktor.
- Bapak/Ibu Pimpinan dan Ketua Jurusan Teknik Sipil serta Staf Pengajar dan Staf Kependidikan di lingkungan Politeknik Negeri Semarang yang telah memberikan motivasi dan dorongan semangat kepada kami dalam menyelesaikan pendidikan Program Doktor di Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana UNDIP.
- Sri Wahyu Setyo Hastuti, dan Editha Niken Pratiwi, Edikha Setyaningyas, serta Editya Anissa Syahbani, sebagai Istri dan Anak-anakku tercinta yang dengan ikhlas dan penuh kesabaran memberikan kesempatan dan dorongan semangat kepada Suami dan Ayahnya, dalam menyelesaikan pendidikan Program Doktor di Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana UNDIP.
- Bapak Dr. Rohmad Hadiwijoyo, MBA, selaku Presiden Direktur PT. RMI Jakarta yang dengan penuh kebakapan secara rutin menghubungi kami, baik lewat telpon maupun

SMS, dan memberikan dorongan semangat dan bantuan finansial kepada kami untuk menyelesaikan pendidikan Program Doktor di Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana UNDIP.

- Bapak/Ibu Pimpinan PT.Adhikriya Kualita Utama (Akualita) di Semarang, yang telah memberikan dorongan semangat dan dukungan kepada kami, dalam menyelesaikan pendidikan Program Doktor di Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana UNDIP
- Keluarga Besar Bapak/Ibu Herry Santoso, SH, M.Si, Keluarga Besar Ibu Siti Suhartuti, Keluarga Besar Bapak R. Herudjito, Keluarga Besar Bapak/Ibu Nur Ahmad, Keluarga Besar Bapak Sentot, yang telah memberikan dorongan semangat dan dukungan kepada kami, dalam menyelesaikan pendidikan Program Doktor di Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana UNDIP
- Seluruh rekan seperjuangan, para alumni dan mahasiswa Program Doktor dan Program Magister, serta rekan Tenaga kependidikan di Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana UNDIP, yang selalu mengingatkan dan memberikan semangat dan dukungan kepada kami, dalam menyelesaikan pendidikan Program Doktor di Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana UNDIP.

Sekali lagi kami ucapkan terima kasih atas segala bantuan yang telah Bapak/Ibu berikan kepada kami, dan semoga Allah SWT membalas segala kebaikan Bapak/Ibu dengan limpahan rahmat dan hidayahNya.

Semarang, Februari 2015

Edy Suhartono

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Halaman Pengesahan .....	iii
Tim Penguji .....	v
Halaman Pernyataan Keaslian Disertasi .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
DAFTAR SINGKATAN .....	xxi
Glosari .....	xxiii
Abstrak.....	xxvii
Abstract .....	xxix
Ringkasan .....	xxx
Summary.....	xxxv
BAB I : PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	4
1.3. Pertanyaan Penelitian .....	6
1.4. Orisinalitas Penelitian .....	6
1.5. Tujuan Penelitian .....	15
1.5.1. Tujuan Umum .....	15
1.5.2. Tujuan Khusus .....	15
1.6. Manfaat Penelitian .....	15
1.6.1. Manfaat Teori .....	15
1.6.2. Manfaat Praktis .....	16
1.6.3. Manfaat Bagi Pengambil Keputusan.....	16

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA .....	17
2.1. Kondisi Kota Semarang.....	17
2.1.1. Sumberdaya Air di Wilayah Pesisir .....	18
2.1.2. Karakteristik Perairan Laut di Indonesia .....	23
2.1.3. Air Tanah .....	27
2.1.4. Kondisi Litologi Kawasan Pesisir .....	37
2.1.5. Kondisi Intrusi Air Laut .....	39
2.2. Faktor-faktor Penyebab Intrusi Air Laut .....	40
2.3. Permodelan .....	47
2.3.1. Dasar Model Transportasi Massa Klorida Pada Air Tanah .....	47
2.3.2. Penggunaan Model Transportasi Massa Klorida .....	48
2.3.3. Proses Transportasi Massa Klorida .....	49
2.3.4. Pendekatan Model Transportasi Massa Klorida .....	50
2.3.5. Transfer Pada Medium Berpori.....	55
2.4. Penyelesaian Model.....	59
2.4.1. Pendekatan Penyelesaian Persamaan Diferensial dengan Metode Hingga .....	63
2.4.2. Kriteria Kestabilan Model .....	67
2.5. Variabel dan Parameter .....	68
2.6. Validasi Model.....	72
 BAB III : KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEP .....	 73
3.1. Kerangka Teori .....	73
3.2. Kerangka Konsep .....	78
 BAB IV : METODE PENELITIAN .....	 81
4.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	81
4.2. Desain Penelitian.....	82
4.3. Ruang Lingkup Penelitian .....	83
4.3.1. Ruang Lingkup Materi Penelitian .....	83
4.3.2. Ruang Lingkup Spasial.....	84
4.4. Populasi dan Sampel .....	86

4.4.1. Populasi .....	86
4.4.2. Sampel .....	86
4.5. Data Penelitian .....	87
4.6. Langkah-langkah Penelitian .....	88
4.7. Variabel Penelitian .....	90
4.8. Teknik Pengumpulan Data .....	94
4.9. Teknik Pengolahan dan Analisis Data .....	94
4.10. Alur Penelitian .....	96
 BAB V : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	97
5.1. Hasil Penelitian .....	97
5.1.1. Letak dan Luas Daerah Penelitian.....	97
5.1.2. Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang.....	98
5.1.3. Iklim.....	102
5.1.4. Topografi .....	104
5.1.5. Geologi.....	105
5.1.6. Struktur Geologi.....	106
5.1.7. Kondisi Geomorfologi.....	108
5.1.8. Kondisi Hidrogeologi.....	110
5.1.9. Penduduk Kota Semarang .....	117
5.1.10. Sumur Bor Dalam.....	121
5.1.11. Desain Sumur Bor Dalam.....	136
5.2. Pembahasan .....	138
5.2.1. Kondisi Intrusi Air Laut di Wilayah Pesisir Kota Semarang .....	138
5.2.2. Pengembangan Model Intrusi Air laut .....	144
5.2.3. Prediksi Intrusi Air Laut di Kota Semarang .....	162
 BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN .....	175
6.1. Kesimpulan.....	175
6.2. Saran.....	176
DAFTAR PUSTAKA .....	177
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Orisinalitas Penelitian .....	10
Tabel 2.1. Kandungan Bahan Terlarut Dalam Air Tanah .....	32
Tabel 2.2. Porositas dan Permeabilitas Pada Beberapa Tipe Batuan .....	33
Tabel 2.3. Neraca Air Pada CAT Semarang -Demak .....	36
Tabel 2.4. Parameter Kimia Untuk Kualitas Air Minum .....	37
Tabel 2.5. Angka Penggunaan Air Domestik .....	42
Tabel 4.2. Cara Memperoleh Subyek/Variabel .....	93
Tabel 5.1. Sebaran Jenis Tanah di Kota Semarang .....	105
Tabel 5.2. Rentang Konduktivitas Hidrolik Jenuh dari berbagai bahan Tanah .....	112
Tabel 5.3. Tingkat Kepadatan Penduduk Wilayah Penelitian Kota Semarang (2011) ...	119
Tabel 5.7. Kecepatan Aliran Air Tanah $v_x$ (m/tahun) .....	147



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Orisinalitas Pada Model Intrusi Air Laut .....	9
Gambar 2.1. Skema Batas Pesisir Kota Semarang .....	18
Gambar 2.2. Model siklus hidrologi .....	19
Gambar 2.3. Akuifer Bebas dan Akuifer Tertekan .....	29
Gambar 2.4. Konsep Proses Intrusi Air Laut di Akuifer Tertekan .....	39
Gambar 2.5. Kondisi Intrusi Karena Kesetimbangan Terganggu .....	40
Gambar 2.6. Peta Amblesan Tanah Kota Semarang .....	43
Gambar 2.7. Kekekalan massa Klorida pada elemen volume .....	52
Gambar 2.8a. Air laut merembes ke dalam Akuifer Tertekan .....	60
Gambar 2.8b. Perambatan salinitas pada akuifer .....	60
Gambar 2.9. Penyelesaian persamaan diferensial parsial .....	62
Gambar 2.10. Jaringan titik hitungan dalam bidang x-t .....	63
Gambar 3.1. Ketersediaan Air Tanah Kota Semarang Tahun 2008 – 2050 .....	75
Gambar 3.2. Kerangka Teori Penelitian Model Intrusi Air Laut .....	78
Gambar 3.3. Kerangka Konsep Penelitian Model Intrusi Air Laut .....	80
Gambar 4.1. Daerah Penelitian di Kota Semarang .....	85
Gambar 4.2. Alur Penelitian .....	96
Gambar 5.1. Peta Tata Guna Lahan Kota Semarang .....	100
Gambar 5.2. Peta Rencana Pembagian BWK Kota Semarang .....	101
Gambar 5.3. Tren Penurunan Curah Tahun 1980 – 2011 .....	103
Gambar 5.4. Struktur Geologi Kota Semarang .....	107
Gambar 5.5. Peta Kelerengan Wilayah Kota Semarang .....	109
Gambar 5.6. Cekungan Air Tanah Semarang – Demak .....	113
Gambar 5.7. Potensi Air Tanah di Kota Semarang .....	114
Gambar 5.8. Produktifitas Air Tanah di Kota Semarang .....	116
Gambar 5.9. Pertumbuhan Penduduk Kota Semarang .....	119
Gambar 5.10. Lokasi Sumur Bor Dalam .....	124
Gambar 5.11. Desain Sumur Bor Dalam .....	136
Gambar 5.12. Sebaran Konsentrasi Klorida (Cl) pada Tahun 2009 .....	139

Gambar 5.13. Sebaran Konsentrasi Klorida (Cl) pada Tahun 2011 .....	140
Gambar 5.14. Sebaran Konsentrasi Klorida (Cl) pada Tahun 2013 .....	142
Gambar 5.15. Konsentrasi Klorida Terhadap Jarak Pada Jalur Barat (Kondisi I) .....	152
Gambar 5.16. Konsentrasi Klorida Terhadap Jarak Pada Jalur Tengah (Kondisi I) .....	153
Gambar 5.17. Konsentrasi Klorida Terhadap Jarak Pada Jalur Timur (Kondisi I) .....	154
Gambar 5.18. Konsentrasi Klorida Terhadap Jarak Pada Jalur Barat (Kondisi II) .....	158
Gambar 5.19. Konsentrasi Klorida Terhadap Jarak Pada Jalur Tengah (Kondisi II) .....	159
Gambar 5.20. Konsentrasi Klorida Terhadap Jarak Pada Jalur Timur (Kondisi II) .....	160
Gambar 5.21. Prediksi Tingkat Intrusi Air Laut Pada Jalur Barat(Kondisi I) .....	163
Gambar 5.22. Prediksi Tingkat Intrusi Air Laut Pada Jalur Tengah (Kondisi I) .....	165
Gambar 5.23. Prediksi Tingkat Intrusi Air Laut Pada Jalur Timur(Kondisi I) .....	166
Gambar 5.24. Prediksi Tingkat Intrusi Air Laut Pada Jalur Barat (Kondisi II) .....	167
Gambar 5.25. Prediksi Tingkat Intrusi Air Laut Pada Jalur Tengah (Kondisi II) .....	169
Gambar 5.26. Prediksi Tingkat Intrusi Air Laut Pada Jalur Timur(Kondisi II) .....	170
Gambar 5.26. Prediksi Intrusi Air Laut Tahun 2035 .....	173

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 : Data Karakteristik Sumur Bor Dalam

Lampiran 2 : Hasil pengukuran Data Primer

Lampiran 3 : Perhitungan Program Matlab



## DAFTAR SINGKATAN

ADE	<i>Advection –Diffusion/ Dispersion Equation</i>
Bappeda	Badan Perencanaan Pembangunan Daerah
BPS	Badan Pusat Statistik
BLH	Badan Lingkungan Hidup
BMG	Nama lain dari BMKG
BMKG	Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
BWK	Bagian Wilayah Kota
CAT	Cekungan Air Tanah
CI	Klorida
DGTL	Direktorat Geologi Tata Lingkungan
DHL	Daya Hantar Listrik
ESDM	Energi dan Sumberdaya Mineral
GIS	<i>Geographics Information System</i>
GRK	Gas Rumah Kaca
GKJ	Gereja Kristen Jawa
IPCC	<i>International Panel on Climate Change</i>
LIK	Lingkungan Industri Kecil
mbmt	meter di bawah muka tanah
mdpl	meter di atas permukaan laut
MSL	<i>Mean Sea Level</i>
PDAM	Perusahaan Daerah Air Minum
PERMENKES	Peraturan Menteri Kesehatan
PP	Peraturan Pemerintah
PPLH	Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
SLR	<i>Sea Level Rise</i>
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>
UU	Undang-undang



## GLOSARI

**Air tanah** adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah (PP No.43/2008).

**Air Bawah Tanah Tertekan** adalah air bawah tanah yang terdapat pada lapisan pengandung air yang bagian atas dan bawahnya dibatasi lapisan kedap air (SNI 19-6728.1-2002).

**Adveksi** adalah gerakan massa air yang arahnya mendatar atau horizontal (Todd, D.K. 1959)

**Akuifer** adalah lapisan batuan jenuh air tanah yang dapat menyimpan dan meneruskan air tanah dalam jumlah cukup dan ekonomis (PP No.43/2008).

**Akuifer tertekan** adalah lapisan kulit bumi berpori yang dapat menahan air dan terletak di antara dua lapisan yang kedap air (Domenico, PA., 1998).

**Cekungan Air Tanah (CAT)** adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung (PP No.43/2008).

**Daerah Imbuhan Air Tanah** adalah daerah resapan air yang mampu menambah air tanah secara alamiah pada cekungan air tanah (PP No.43/2008).

**Daerah Lepas Air Tanah** adalah daerah keluaran air tanah yang berlangsung secara alamiah pada cekungan air tanah (PP No.43/2008).

**Difusi** adalah perpindahan air dari larutan pekat kelarutan yang encer. ; proses perpindahan zat dari tempat berkonsentrasi tinggi ke tempat berkonsentrasi rendah (Todd, D.K. 1959).

**Dispersi** adalah perubahan bentuk massa ketika massa merambat melalui suatu medium (Todd, D.K. 1959).

**Eksplorasi** adalah penyelidikan dan penjajakan daerah yang diperkirakan mengandung mineral berharga dengan jalan survey geologi, survey geofisik, atau pengeboran dengan tujuan menemukan deposit dan mengetahui luas wilayahnya. (Glosarium Kementerian ESDM Tahun 2014, <http://www.esdm.go.id/glosarium.html>).

**Eksplorasi** adalah penggalan endapan bahan galian dari kulit bumi secara ekonomis dengan menggunakan sistem penambangan tertentu .(Glosarium Kementerian ESDM Tahun 2014, <http://www.esdm.go.id/glosarium.html>).

**Daerah Imbuhan** adalah daerah resapan air yang mampu menambah air tanah secara alamiah pada cekungan air tanah. Pengertian tersebut menunjukkan bahwa tidak semua daerah yang mampu meresapkan air hujan ke dalam tanah otomatis merupakan daerah imbuhan (Badan Geologi, Kementerian ESDM, 2012).

**Daya Tampung** adalah kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi, dan/atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya (UU No. 32 Tahun 2009).

**Daya Dukung** adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung perikehidupan manusia, makhluk hidup lain, dan keseimbangan antarkeduanya.(UU No. 32 Tahun 2009).

**Garis Pantai** adalah garis yang menggambarkan pertemuan antara perairan dan daratan di wilayah pantai pada saat kedudukan pasang tertinggi (SNI No. 7646 : 2010).

**Gas Rumah Kaca** adalah gas-gas pada atmosfer yang teremisi secara alami maupun antropogenik, menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah dan menyebabkan efek rumah kaca. GRK terdiri dari atas karbondioksida(CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), nitrogen oksida (N<sub>2</sub>O), dan tiga gas-gas industri yang mengandung fluor (HFC, PFC, dan SF<sub>6</sub>). Efek dari GRK akan meningkatkan suhu permukaan bumi yang menyebabkan pemanasan global. Kondisi itu akhirnya mengakibatkan perubahan iklim yang sangat ekstrem di bumi ( Perpres No. 61 Tahun 2011).

**Gaya Coriolis** adalah gaya yang timbul akibat rotasi bumi yang mengimbangi gaya akibat perbedaan tekanan pada air laut (Azis, M.F., 2008).

**Grid** adalah kisi pada metode beda hingga dari metode numerik (Lu, et al, 1990)

**Hidrogeologi** adalah Ilmu yang mempelajari mengenai air bawah tanah yang bertalian dengan cara terdapatnya, penyebaran, pengaliran, polusi dan sifat kimia air bawah tanah (SNI 19-6728.1-2002).

**Intrusi Air Laut** adalah suatu peristiwa penyusupan air asin dari air laut ke dalam akuifer di mana air asin menggantikan atau tercampur dengan air tanah tawar yang ada di dalam akuifer (Domenico, PA., 1998).



**Keanekaragaman Hayati** adalah keanekaragaman diantara merupakan keanekaragaman di antara makhluk hidup dari sumber, termasuk di antaranya daratan, lautan, dan ekosistem akuatik (perairan) lainnya, serta kompleks-komplek Ekologi yang merupakan bagian dari keanekaragamannya, mencakup keanekaragaman dalam spesies, antara spesies dengan ekosistem (UU No.5 Tahun 1994)

**Konservasi Air Bawah Tanah** adalah pengelolaan air bawah tanah untuk menjamin pemanfaatannya secara bijaksana dan menjamin kesinambungan ketersediaannya dengan tetap memelihara serta meningkatkan mutunya (SNI 19-6728.1-2002).

**Neraca Sumber Daya Air** adalah suatu cara dalam mengevaluasi sumber daya air yang menyajikan cadangan (aktiva), pemanfaatan ( pasiva) dan saldo yang disajikan dalam tabel angka numerik (SNI 19-6728.1-2002).

**Pasang Surut Air Laut** adalah suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil.

**Pasang Surut** adalah naik turunnya permukaan laut secara teratur, terutama disebabkan karena gaya tarik bulan dan matahari terhadap massa air laut (SNI No. 7646 : 2010).

**Pengambilan Air Bawah Tanah** adalah setiap kegiatan pengambilan air bawah tanah yang dilakukan dengan cara penggalian, pengeboran, atau cara membuat bangunan penurap lainnya untuk dimanfaatkan airnya dan/ atau tujuan lain (SNI 19-6728.1-2002).

**Pengeboran Air Tanah** adalah kegiatan membuat sumur bor air tanah yang dilaksanakan sesuai dengan pedoman teknis sebagai sarana eksplorasi, pengambilan, pemakaian dan pengusaha, pemantauan, atau imbuhan air tanah (PP No.43/2008).

**Pencemaran Air Tanah** adalah masuknya unsur satuan, komponen fisika, kimia atau biologi ke dalam air bawah tanah dan/ atau berubahnya tatanan air bawah tanah oleh kegiatan manusia atau oleh proses alami yang mengakibatkan mutu air bawah tanah turun sampai ke tingkat tertentu sehingga tidak lagi sesuai dengan peruntukannya (SNI 19-6728.1-2002).

**Pengelolaan Air Tanah** adalah upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, mengevaluasi penyelenggaraan konservasi air tanah, pendayagunaan air tanah, dan pengendalian daya rusak air tanah (PP No.43/2008).

**Porositas** adalah proporsi ruang pori tanah (ruang kosong) yang terdapat dalam suatu volume tanah yang dapat ditempati oleh air dan udara, sehingga merupakan indikator kondisi drainase dan aerasi tanah. Tanah yang porous berarti tanah yang cukup mempunyai ruang pori untuk pergerakan air dan udara masuk dan keluar tanah yang secara leluasa, sebaliknya jika tanah tidak porous (Domenico, PA., 1998).

**Retardasi** adalah faktor yang mereduksi laju perpindahan kontaminan (Domenico, PA., 1998).

**Salinitas** adalah kemasinan atau kadar garam yang terdapat dalam sebuah larutan (Eungyu Park.2002)

**Sumberdaya Air** adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya (UU No. 7 Tahun 2004)

**Sumur Bor dalam** adalah sumur yang dibuat melalui pengeboran dengan konstruksi pipa bergaris tengah lebih dari 2 (dua) inci atau  $\pm 5$  cm (lebih kurang lima sentimeter) (Perwakot Surabaya No.56 Tahun 2007)

**Sumur Pantau** adalah Sumur yang dibuat untuk memantau muka dan mutu air bawah tanah pada lapisan akuifer tertentu (SNI 19-6728.1-2002).

**Tekstur** adalah frekuensi perubahan rona pada citra atau pengulangan rona kelompok objek yang terlalu kecil untuk dibedakan secara individual (Eungyu Park.2002).

**Zat Pencemar** adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain.(UU No. 32 Tahun 2009).

## ABSTRAK

Kota Semarang adalah salah satu kota besar di Indonesia yang terletak di wilayah pesisir, berpotensi mengalami intrusi air laut. Pengambilan air tanah meningkat sekitar 16 % per tahun dari 427.050 m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 1900, menjadi 39.189.827 m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 2000, berpeluang menjadi faktor pemicu terjadinya intrusi air laut. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan model intrusi air laut dengan menggunakan indikator Klorida pada air tanah di akuifer tertekan.

Penelitian adalah deskriptif kuantitatif, populasi Sumur Bor Dalam dan sampel sebanyak 41 buah. Persamaan adveksi-difusi 1 dimensi sebagai bentuk persamaan transportasi massa Klorida, penyelesaian model dengan metode numerik.

Hasil penelitian, dari tahun 2009 s/d 2013, penambahan jarak lahan yang terintrusi air laut meningkat dari 2,4 km menjadi 3,5 km. Model intrusi mengikuti persamaan adveksi-difusi 1 dimensi, pengambilan air tanah mengakibatkan kerapatan massa tanah berkurang dari 4,625 kg/m<sup>3</sup> menjadi 1,588 kg/m<sup>3</sup> s/d 2,688 kg/m<sup>3</sup>. Pada tahun 2035, intrusi air laut diprediksi mencapai 3,7 km dari garis pantai di jalur barat, 4,6 km dari garis pantai di jalur tengah, dan 4,3 km dari garis pantai di jalur timur.

Kesimpulan, penambahan jarak akuifer tertekan yang terintrusi air laut adalah 36 - 60 m/tahun. Pengambilan air tanah mengakibatkan berkurangnya kerapatan massa tanah sekitar 58 - 66 % dari kondisi semula. Pada tahun 2035, intrusi air laut meningkat 40 % dari kondisi tahun 2013. Pengendalian pencemaran air tanah perlu ditingkatkan dan model dapat digunakan sebagai alat untuk informasi awal dalam pengambilan keputusan pada pengelolaan air tanah.

**Kata kunci :** *air tanah, Klorida, intrusi air laut*



## ABSTRACT

Semarang City is one of the major cities in Indonesia is located in coastal areas, potentially of the seawater intrusion. The pumping of groundwater will increased by about 16% per year from 427,050 m<sup>3</sup>/yr in 1900, being 39,189,827 m<sup>3</sup>/yr in 2000, is likely to be a trigger factors. The aim of this research is to develop a model of seawater intrusion using Chloride indicator in groundwater on confined aquifer.

Research is descriptive quantitative, the population are the deep wells and number of samples are 41 pieces. The equation of advection-diffusion 1 dimension as a form of transport equations of Chloride with completion of the model by using numerical methods.

The results of the study, from 2009 to in 2013, the distance of land as the effect of seawater intrusion increased from 2.4 km to 3.5 km. Model of seawater intrusion in form of advection-diffusion equation 1 dimensions. Groundwater pumping is resulting in reduced of bulk density soil from 4.625kg/m<sup>3</sup> up to 2.688 kg/m<sup>3</sup> or up to 1.588 kg/m<sup>3</sup>. In 2035, the seawater intrusion is predicted to reach 3.7 km of coastline in the west route, 4.6 km from the coastline in the middle route, and 4.3 km of coastline in the east route.

The conclusion, the increase of distance of confined aquifer from effect of seawater intrusion is 36-60 m/yr. Groundwater pumping result will reducing of bulk density soil about 58-66% of its original condition. In 2035, the seawater intrusion increased 40% from the year 2013. Control of pollution of groundwater needs to be improved and the model can be used as a tool for early information in decision-making on a groundwater management.

**Keywords:** *groundwater, chlorides, seawater intrusion*



## RINGKASAN

Kota Semarang adalah salah satu kota besar di Indonesia yang terletak di wilayah pesisir, sehingga berpotensi mengalami intrusi air laut. Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan untuk memenuhi kebutuhan pokok, industri, jasa dan perdagangan, pengambilan air tanah di Kota Semarang terus mengalami peningkatan. Pengambilan air tanah di wilayah pesisir Kota Semarang pada tahun 1900, baru sekitar 427.050 m<sup>3</sup>/tahun. Kemudian pada tahun 1982, pengambilan air tanah mencapai 13.672.900 m<sup>3</sup>/tahun, pada tahun 1990 menjadi 22.473.050 m<sup>3</sup>/tahun, dan pada tahun 2000, telah mencapai 39.189.827 m<sup>3</sup>/tahun. Laju pengambilan air tanah dari akuifer tertekan sebesar 16% per tahun.

Menurut Hadi (2013), pada awalnya hubungan manusia dengan lingkungan dalam pengelolaan lingkungan berjalan dalam semangat yang harmonis dimana manusia sadar bahwa keberadaannya merupakan bagian dari alam, sehingga memiliki perilaku yang selaras dengan irama alam. Tetapi, ketika jumlah manusia semakin meningkat dengan peningkatan teknologi dan kebutuhan hidup, maka hubungan yang pada awalnya harmonis berubah menjadi eksploitatif terhadap alam dan menonjolkan sifat antroposentrisnya. Sikap ini berbuah pada kerusakan alam dan bencana lingkungan, salah satu contoh dari kerusakan alam adalah pencemaran air tanah. Selanjutnya menurut Purwanto (2005), eksploitasi sumberdaya alam termasuk sumberdaya air tanah secara tidak terkendali dan mengabaikan kesetimbangan air tanah, akan menimbulkan berbagai dampak negatif dan akan dirasakan oleh penduduk dalam waktu yang relatif singkat, dan menjadi kronis untuk jangka waktu yang lama.

Pada penelitian ini, model intrusi air laut didekati sebagai Persamaan adveksi-difusi 1 dimensi, berbentuk  $R_x \frac{\partial C}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v_x \frac{\partial C}{\partial x} - W_x$ , dimana  $R_x$  adalah faktor retardasi pada akuifer tertekan,  $D_x$  adalah koefisien difusi Klorida yang menyebar ke arah horisontal  $x$ , dan  $v_x$  adalah kecepatan aliran air tanah pada akuifer tertekan ke arah horisontal  $x$ , serta  $W_x$  adalah laju pengambilan air tanah dari akuifer tertekan. Parameter  $W_x$  dapat dinyatakan sebagai perbandingan dari hasil kali konsentrasi Klorida dan debit pengambilan air tanah

dengan volume air tanah dari Cekungan Air Tanah di daerah penelitian. Sehingga orisinalitas dari penelitian ini adalah model intrusi air laut terhadap air tanah pada akuifer tertekan di Kota Semarang, menggunakan Persamaan adveksi-difusi 1 dimensi dengan Persamaan berbentuk  $R_x \frac{\partial C}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v_x \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{Q.C}{V}$ . Dari penelusuran, penelitian ini belum pernah dilakukan oleh peneliti terdahulu di Kota Semarang, sehingga penambahan parameter  $W_x$  sebagai temuan baru.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendiskripsikan kondisi intrusi air laut terhadap air tanah pada akuifer tertekan di Kota Semarang, dan memodelkan kondisi intrusi air laut tersebut ke dalam persamaan adveksi – difusi 1 dimensi, serta memprediksi tingkat intrusi air laut.

Penelitian dilakukan di wilayah pesisir Kota Semarang, metode penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif, dengan populasi adalah Sumur Bor Dalam di wilayah pesisir Kota Semarang, yang telah direkomendasikan perijinannya oleh Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah. Sampel air tanah pada Sumur Bor Dalam di wilayah pesisir Kota Semarang sebanyak 41 buah dibagi menjadi 3 jalur model, sesuai dengan lokasi Sumur Bor Dalam. Menurut lokasinya, Jalur Barat adalah lokasi Sumur Bor Dalam yang terletak di sebelah barat dari Kanal Banjir Barat; Jalur Tengah adalah lokasi Sumur Bor Dalam yang terletak antara Kanal Banjir Barat dan Kanal Banjir Timur; Jalur Timur adalah Sumur Bor Dalam yang terletak di sebelah timur dari Kanal Banjir Timur. Pengumpulan data menggunakan data kuantitatif konsentrasi Klorida dari sampel air tanah. Pengolahan data menggunakan metode numerik beda hingga dengan pemrograman komputer Matlab dan pemograman komputer GIS.

Hasil dari penelitian adalah Pada tahun 2009, di Jalur Barat, konsentrasi Klorida pada air tanah di akuifer tertekan yang melebihi baku mutu mencapai jarak 2 km lebih, kemudian di Jalur Tengah, mencapai 3,2 km, dan di Jalur Timur, mencapai 3,3 km. Pada tahun 2013, masing-masing wilayah bertambah menjadi 3,7 km untuk Jalur Barat, 4,0 km untuk Jalur Tengah, dan 3,7 km untuk Jalur Timur, dengan rata-rata pertambahan jarak x per tahunnya adalah 36 m s/d 60 m.



Pada kondisi tidak ada pengambilan air tanah, menunjukkan bahwa jarak dari Sumur Bor Dalam terhadap garis pantai sebanding dengan kecepatan aliran air tanah. Jadi, semakin jauh letak Sumur Bor Dalam, maka semakin rendah kecepatan aliran air tanah yang bercampur dengan air laut pada akuifer tertekan dengan kondisi tidak ada pengambilan air tanah, kerapatan massa tanah akuifer tertekan di Kota Semarang, sebesar  $\rho_B = 4,625 \text{ kg} / \text{m}^3$ . Pada Jalur Barat, Jalur Tengah dan Jalur Timur, koefisien difusi  $D_x = 0,64 \text{ m}^2 / \text{tahun}$  atau setara dengan  $20,3 \times 10^{-9} \text{ m}^2 / \text{dtk}$ , nilai  $D_x$  di wilayah pesisir Kota Semarang ditemukan berbeda dengan nilai  $D_x$  yang dikemukakan oleh peneliti terdahulu. Pada Jalur Barat, kecepatan aliran air tanah yang membawa konsentrasi Klorida tinggi melampaui baku mutu sebesar 2,95 m/tahun, kemudian pada Jalur Tengah sebesar 3,35 m/tahun, dan pada Jalur Timur sebesar 2,16 m/tahun.

Pada kondisi ada pengambilan air tanah, menunjukkan bahwa jarak dari Sumur Bor Dalam terhadap garis pantai sebanding dengan kecepatan aliran air tanah. Jadi, semakin jauh letak Sumur Bor Dalam, maka semakin rendah kecepatan aliran air tanah yang bercampur dengan air laut pada akuifer tertekan. kerapatan massa tanah akuifer tertekan di wilayah Jalur Barat dan Jalur Tengah Kota Semarang memiliki kerapatan massa tanah akuifer tertekan sebesar  $\rho_B = 2,688 \text{ kg} / \text{m}^3$ , sedangkan pada Jalur Timur, kerapatan massa tanahnya sekitar  $\rho_B = 1,588 \text{ kg} / \text{m}^3$ . Hal ini mendeskripsikan bahwa pengambilan air tanah mengakibatkan penurunan kerapatan massa tanah dan menjadikan tanah tidak stabil, kondisi ketidakstabilan tanah di Jalur Timur lebih parah dibandingkan dengan wilayah di Jalur Barat dan Jalur Tengah, sehingga di Jalur Timur berpotensi mengalami amblesan tanah lebih besar. Model intrusi air laut tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pada kondisi tidak ada pengambilan air tanah :

- a. Jalur Barat :  $75 \frac{\partial C}{\partial t} = 0,64 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - 2,95 \frac{\partial C}{\partial x}$
- b. Jalur Tengah :  $75 \frac{\partial C}{\partial t} = 0,64 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - 3,35 \frac{\partial C}{\partial x}$
- c. Jalur Timur :  $75 \frac{\partial C}{\partial t} = 0,64 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - 2,16 \frac{\partial C}{\partial x}$

2. Pada kondisi ada pengambilan air tanah :

a. Jalur Barat :  $44 \frac{\partial C}{\partial t} = 0,64 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - 2,95 \frac{\partial C}{\partial x} - 0,86.C$

b. Jalur Tengah :  $44 \frac{\partial C}{\partial t} = 0,64 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - 3,35 \frac{\partial C}{\partial x} - 0,86.C$

c. Jalur Timur :  $26 \frac{\partial C}{\partial t} = 0,64 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - 2,16 \frac{\partial C}{\partial x} - 0,86.C$

Pada tahun 2035, pertambahan jarak pada wilayah yang mengalami intrusi di Jalur Barat diprediksi mencapai 1,4 km, di Jalur Tengah diprediksi mencapai 1,3 km, dan di Jalur Timur diprediksi mencapai 0,9 km dari kondisi tahun 2013.

Kesimpulan dari penelitian adalah : 1). Laju pertambahan jarak akuifer tertekan yang terintrusi air laut sekitar 36 m/tahun s/d 60 m/tahun; 2). Pada kondisi ada pengambilan air tanah, mengakibatkan pergerakan intrusi air laut ke arah daratan dengan laju sekitar 36 - 60 m/tahun, dan kerapatan massa tanah pada akuifer tertekan di Kota Semarang berkurang sekitar 58 - 66 % dari kondisi tidak ada pengambilan air tanah. Kondisi ini memicu terjadinya amblesan tanah; 3). Pada tahun 2035, diprediksi bahwa sebaran konsentrasi Klorida yang melebihi baku mutu air minum di Jalur Barat mencapai jarak 3,7 km, kemudian di Jalur Tengah mencapai jarak 4,6 km, dan di Jalur Timur mencapai jarak 4,3 km.

Rekomendasi dari penelitian adalah : 1). Pengendalian pencemaran air tanah akibat dari intrusi air laut perlu ditingkatkan; 2). Model intrusi air laut dapat digunakan sebagai salah satu alat untuk memberikan informasi awal dalam pengambilan keputusan pada pengelolaan air tanah.

## SUMMARY

Semarang City is one of the major cities in Indonesia is located in coastal areas, so that potentially of the seawater intrusion. The population growth and meet basic needs, industry, services and trade, the pumping of groundwater in the Semarang is constantly increasing. The pumping of groundwater in the coastal area of Semarang in 1900, only about 427,050 m<sup>3</sup>/yr. Then in 1982, It reaches 13,672,900 m<sup>3</sup>/yr, in 1990 to 22,473,050 m<sup>3</sup>/yr, and in 2000, has reached 39,189,827 m<sup>3</sup>/yr. The rate of the pumping of groundwater in confined aquifer about 16% per year.

According to Hadi (2013), at first, the human relationship with the environment in environmental management takes place in a spirit of harmony, where people realize that its existence is part of nature, so it has a behavior that is in harmony with the rhythms of nature. However, when the number of people is increasing with the increase in technology and the necessities of life, the harmonious relationship initially transformed into exploitative of nature and anthropocentric. This attitude causes of the destruction of nature and environmental disasters. One of example of the destruction of nature is groundwater contamination. Furthermore, according to Purwanto (2005), the exploitation of natural resources including groundwater resources in an uncontrolled manner and ignore the soil water balance, will cause negative impacts and will be felt by the population in a relatively short time, and become chronic for a long time.

In this study, a model of seawater intrusion is approached as an advection-diffusion equation 1 dimensions, with a mathematical statement is  $R_x \frac{\partial C}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v_x \frac{\partial C}{\partial x} - W_x$ , where  $R_x$  is a retardation factor of the soil of confined aquifer, and  $D_x$  is a diffusion coefficient of Chloride to distance of x,  $v_x$  is a velocity of the groundwater flows, and  $W_x$  is rate of the pumping of groundwater. Parameters  $W_x$  can be expressed as the ratio of the product of the concentration of Chlorides and the debit of the pumping of groundwater with the volume of groundwater in basin groundwater in the study area. So that the originality of this research is a model of seawater intrusion to the groundwater in confined aquifer using

the advection-diffusion equation with 1 dimensional  $R_x \frac{\partial C}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v_x \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{Q.C}{V}$ . From the search, this research has not been done by previous researchers in Semarang, so the addition of the parameters as new findings. The purpose of this study is to describe the condition of seawater intrusion to groundwater in confined aquifer in Semarang, and modeling the conditions of seawater intrusion into form an advection diffusion 1 dimensional, as well as to predict the level of seawater intrusion. The study was conducted in the coastal areas of Semarang.

This Research method is quantitative descriptive study, the population is the drill wells in Semarang coastal areas, which had been recommended licensing by the Department of Energy Central Java Province. The groundwater samples on the drill wells In Semarang coastal areas as many as 41 pieces divided into 3 paths, according to the location of the drill wells. According to its location, is the west path the drill wells locations are located In the west of the west flood canal; The middle path is the location of the drill wells located between West Flood Canal and East Flood Canal; The east path of the drill wells is located in the east of the East Flood Canal. The quantitative data is Chloride concentration of the groundwater samples. The data processed by using finite difference numerical method with Matlab computer programming and GIS computer programming.

The results of the study are In 2009, in the west path, Chloride concentrations in the groundwater in confined aquifer that exceed the quality standards reached a distance more of 2 km , then in the middle path, reaching 3.2 km, and in the east path, reaching 3.3 km. In 2013, each region increased to 3.7 km in the west path, 4.0 km in middle path, and 3.7 km in the east path, with an average annual increase in the distance x is 36 m up to 60 m.

In the condition where there is no groundwater pumping, the result showed that the distance of the Drill wells to shoreline is proportional to the velocity of groundwater flow. Thus, the farther the location of the drill wells, the lower the rate of groundwater flow is mixed with sea water in confined aquifer with the condition of not the pumping of groundwater, soil bulk density of confined aquifer are higher. In the west path, middle path and east path, the diffusion coefficient equal to  $20.3 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{sec}$ , the value in the coastal area of Semarang found to differ from the value proposed by previous researchers. In the west path, a velocity of groundwater flow that carries high Chloride concentrations exceeded the

distance of 2.95 m/yr, and then the middle path of 3.35 m/yr, and in the east path of 2.16 m/yr.

In the condition of the pumping of groundwater, shows that the distance of the drill wells to coastal line is proportional to the velocity of the groundwater flow. Thus, the farther the location of the drill wells, have of the rate of the groundwater is lower in confined aquifer. Bulk density of the soil in confined aquifer in the region of the West path and Middle path have bulk density of the soil on confined aquifer are  $\rho_B = 2,688 \text{ kg / m}^3$ , whereas in the East path, a bulk density of the soil is  $\rho_B = 1,588 \text{ kg / m}^3$ . It is described that the pumping of groundwater resulting in a decrease in bulk density of the soil and make the soil can be unstable, The instability of soil in the East path is more severe than in the region of the Western path and Middle path, so that in the East path has of land subsidence be greater. Seawater intrusion models are as follows:

1. Not Pumping Conditions :

a. The West path :  $75 \frac{\partial C}{\partial t} = 0,64 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - 2,95 \frac{\partial C}{\partial x}$

b. The Middle path :  $75 \frac{\partial C}{\partial t} = 0,64 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - 3,35 \frac{\partial C}{\partial x}$

c. The East path :  $75 \frac{\partial C}{\partial t} = 0,64 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - 2,16 \frac{\partial C}{\partial x}$

2. Pumping Conditions:

a. The West path :  $44 \frac{\partial C}{\partial t} = 0,64 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - 2,95 \frac{\partial C}{\partial x} - 0,86.C$

b. The Middle path :  $44 \frac{\partial C}{\partial t} = 0,64 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - 3,35 \frac{\partial C}{\partial x} - 0,86.C$

c. The East path :  $26 \frac{\partial C}{\partial t} = 0,64 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - 2,16 \frac{\partial C}{\partial x} - 0,86.C$

In 2035, the distance of seawater intrusion condition on the west path is predicted to reach 1.4 km, on the middle path is predicted to reach 1.3 km, and in the East path is projected to reach 0.9 km from the seawater intrusion condition in 2013.

The conclusion of the study are: 1). The rate of distance of seawater intrusion on confined aquifer approximately 36-60 m/yr; 2). In the condition of pumping of the

groundwater, the resulting in the movement of seawater intrusion in confined aquifer at a rate of about 36-60 m/yr, and a bulk density of the soil in confined aquifer in Semarang reduced by about 58-66% of condition of not pumping the groundwater. These conditions lead to land subsidence; 3). In 2035, predicted that the distribution of chloride concentrations that exceed drinking water quality standard in the West path reaches a distance of 3.7 km, and then in the Middle Path reaches a distance of 4.6 km, and in the East path reaches a distance of 4.3 km.

Recommendations from the study are: 1). Control groundwater pollution resulting from the seawater intrusion need to be improved; 2). Seawater intrusion models can be used as a tool to provide initial information in decision-making on groundwater management.